

不同快充策略下锂离子电池温度分布仿真

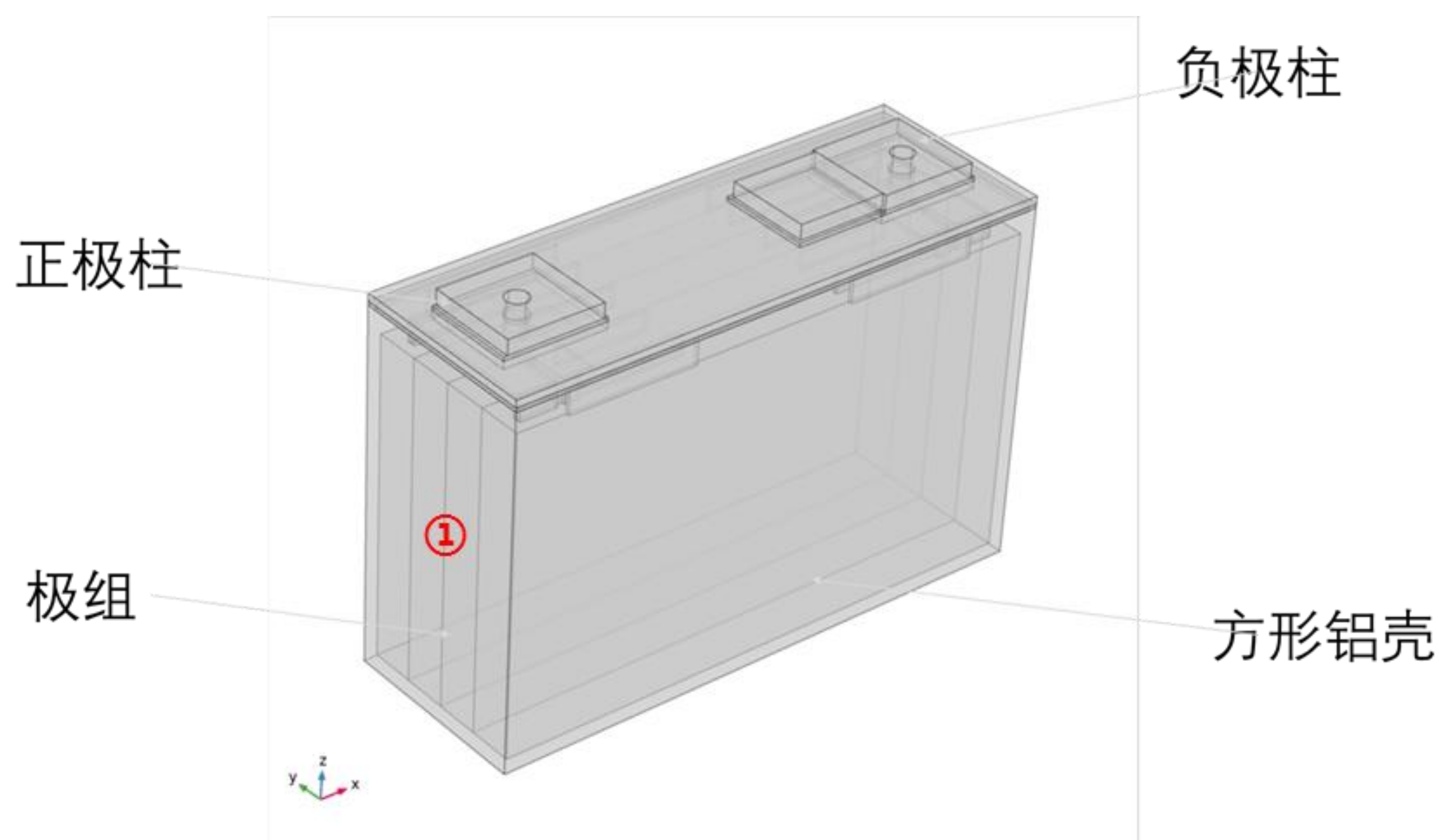
陈森, 何见超, 李峰宇, 王旭, 王连旭, 陈思
平台开发部, 蜂巢能源科技有限公司保定分公司, 河北省, 保定市

简介:随着电池单体向大尺寸, 高比能量, 以及快速充电的技术发展, 电池的不均匀性也呈现增大的趋势。大倍率充电会造成电池较大的内外温差, 甚至可能引发析锂或热失控。因此, 在保证电池不析锂的前提下, 在开发更优的快充策略时, 应着重关注电池的内外温差。使用COMSOL仿真结合少量实验的方法能快速预测并优化不同充电策略下的电池的内外温差, 加速电池开发。

计算方法:电芯产热与散热满足能量守恒定律:

$$\rho C_p \frac{dT}{dt} = q_v + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

建立三维电化学-热耦合热模型(耦合锂离子电池接口以及固体传热接口), 通过添加Event接口, 进行不同充电策略的设置, 能够实现对电池内外温度的仿真。3D电化学模型分为五个域(正负极多孔电极、隔膜, 以及半片铜铝箔), 3D热模型为真实结构的方形电池处理得到。热源包括正负极柱以及连接片焊接处产生的欧姆热, 极组(N个电池单元, 总共4个极组)所产生的电化学反应热(由3D电化学模型导入)。散热也应考虑两部分: 一为铝壳外部空气对流换热; 二为电芯内部极组与铝壳之间的薄层导热热阻、相邻极组之间的薄层导热热阻、正负极柱与连接片的薄层导热热阻等^[1,2]。通过设计相应的实验来标定对应的动力学参数和热力学参数, 并对其中使用的文献参数使用优化接口进行参数寻优, 完成模型验证。下一步添加Event接口, 完成不同充电电流/电压的转换, 并在全局常微分和代数微分方程接口中定义总电流, 完成不同充电策略的设置。



- 温感线布置位置:
- ①、正极柱侧面中心
 - ②、1-2极组中心
 - ③、2-3极组中心
 - ④、3-4极组中心

图1: 方形电池温感线布置位置分布

结果:如图2-4所示, 通过常规充放电的测试数据(常温)来修正电池的动力学与热力学参数, 并保证电压曲线及温升曲线与实际基本吻合。修正后的模型进行不同充电策略下温度分布仿真, 并且通过预埋热电偶的方式对方形电池进行不同位置温度测试数据来验证模型的精度, 精度尚好。图5为不同充电策略下电流电压随时间变化曲线。从温升角度看, 策略1的内外温差最小, 但在此充电策略下充电时间最长; 策略3的内外温差最大, 但所需充电时间最短。要进一步评价不同策略下的内外温差, 需把单体电池置于模组环境再行对比。

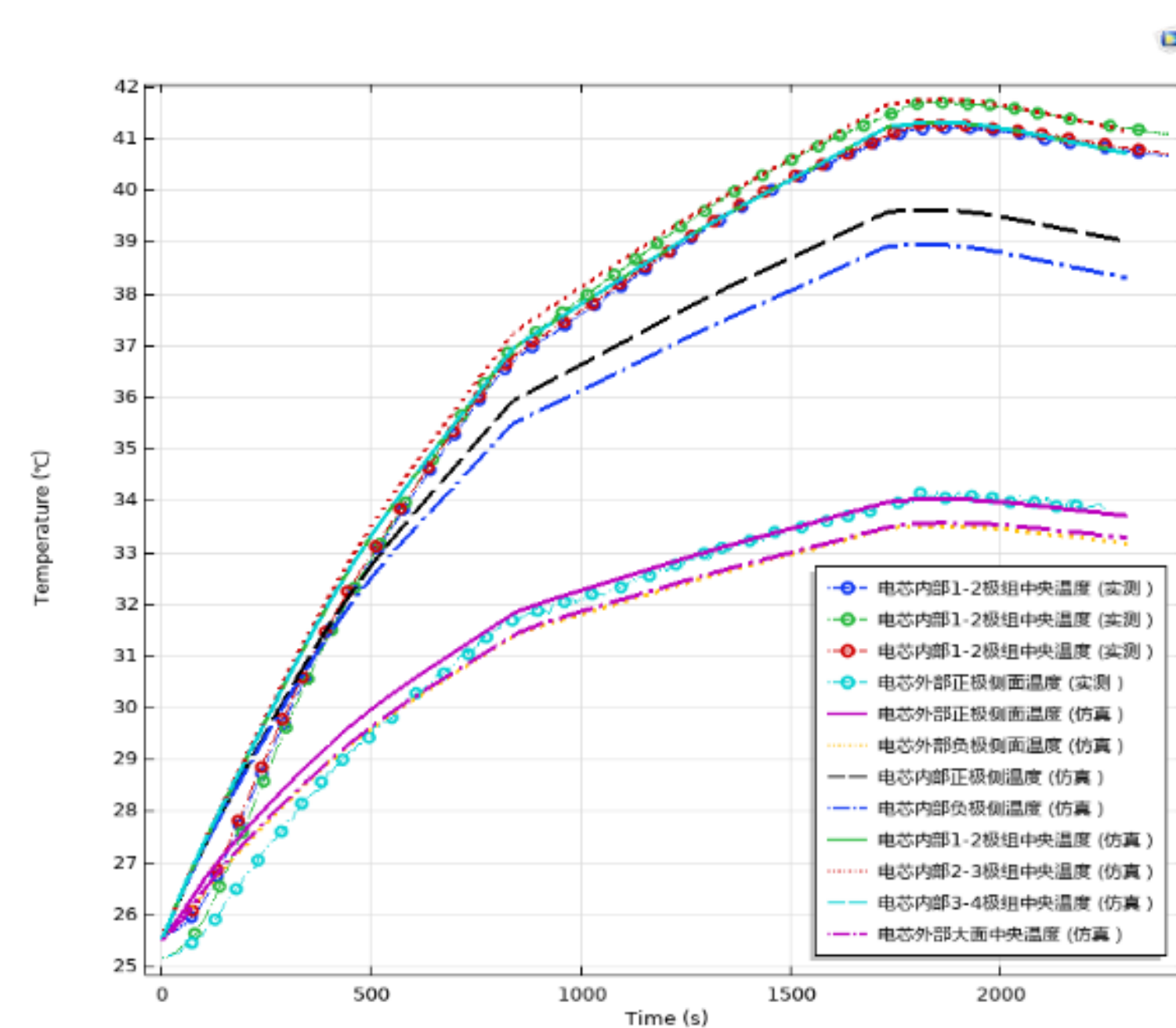


图2: 策略1下的不同位置温度曲线对比

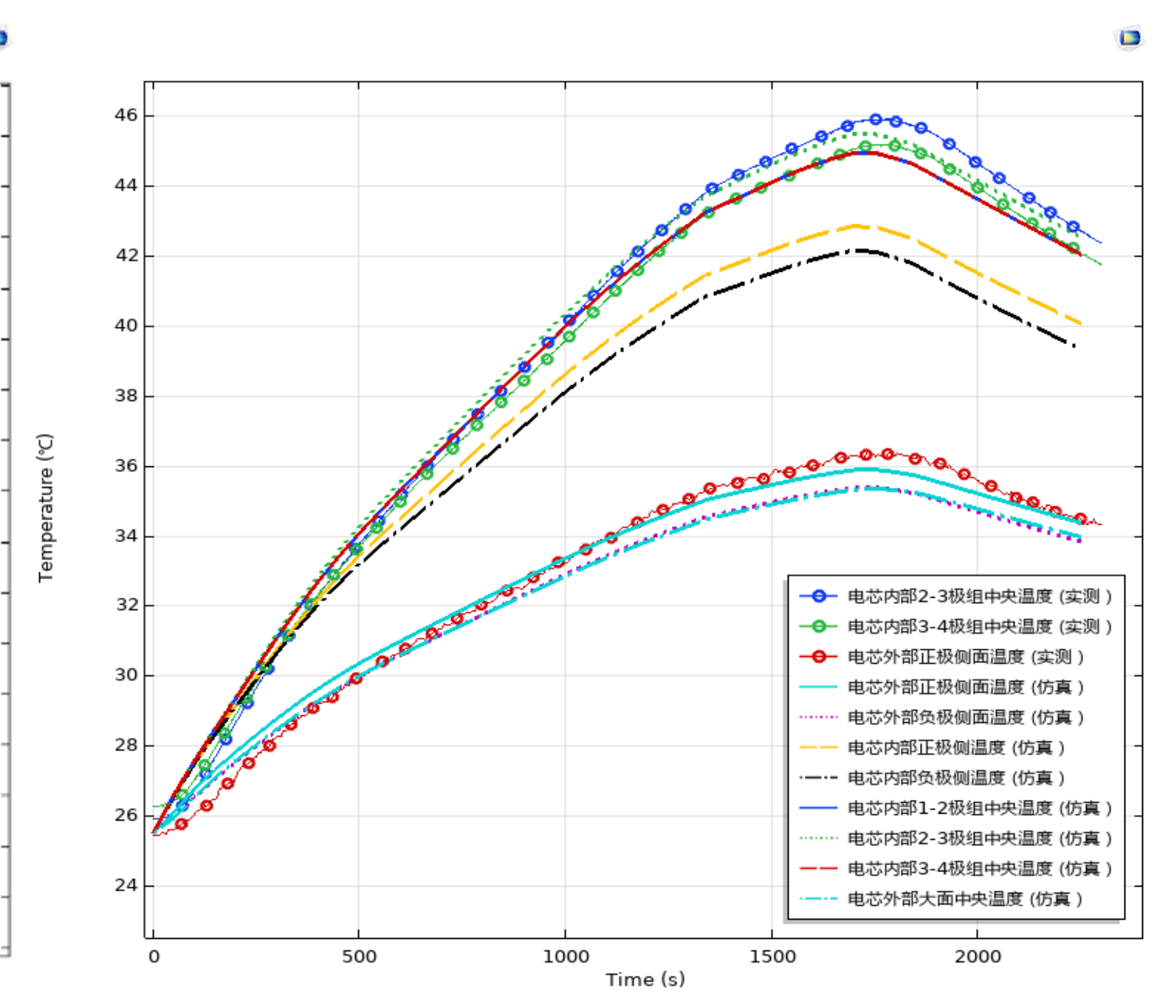


图3: 策略2下的不同位置温度曲线对比

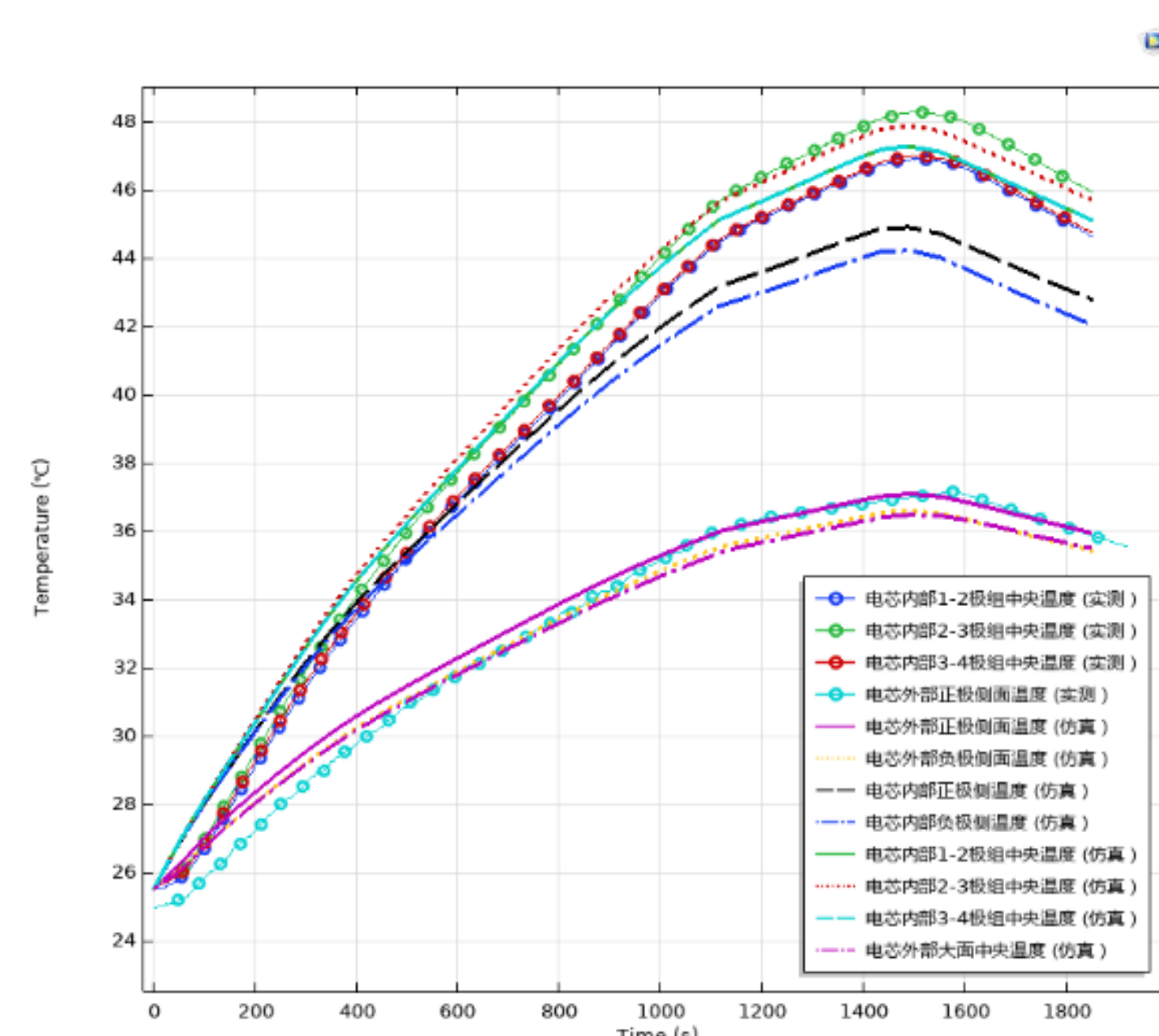


图4: 策略3下的不同位置温度曲线对比

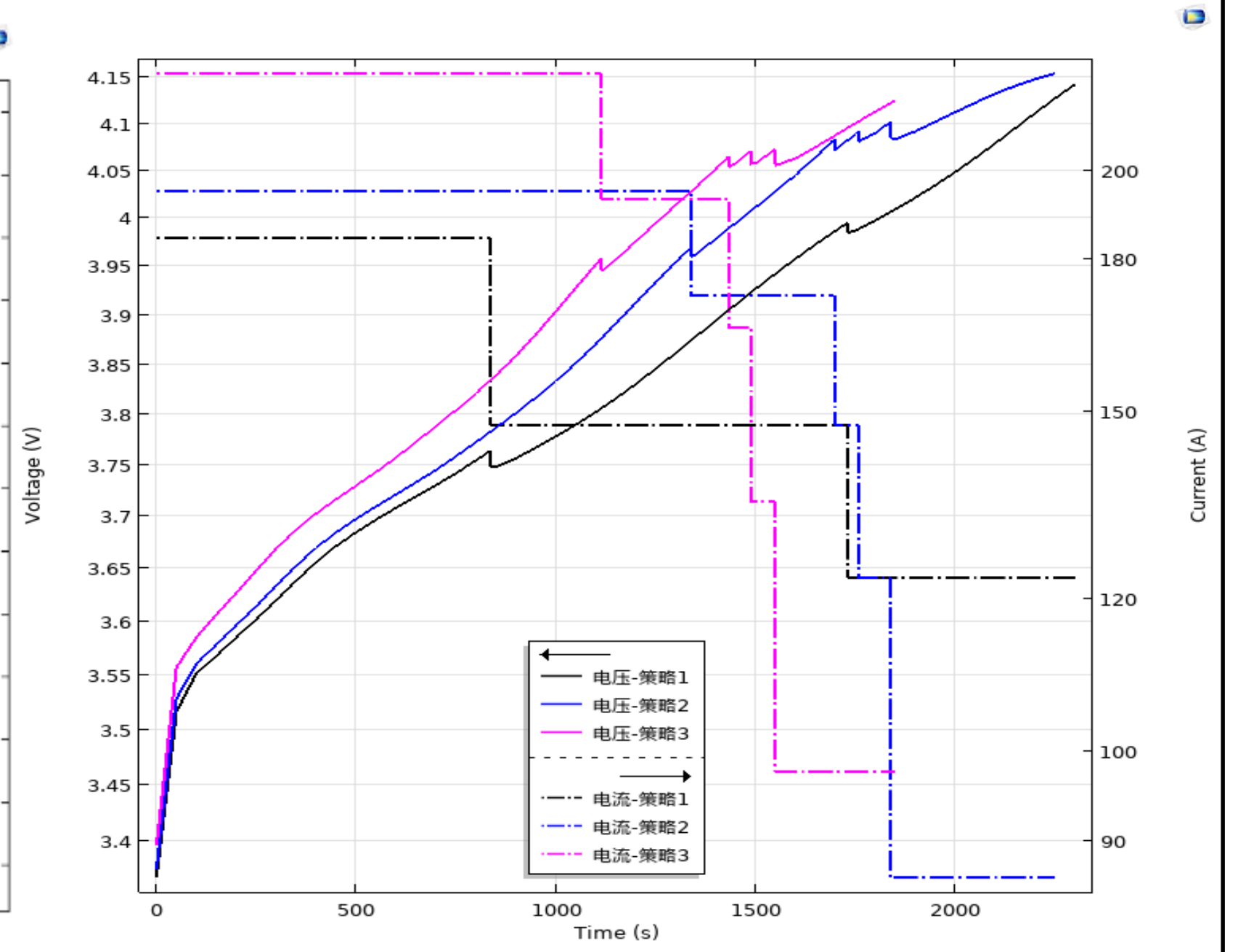


图5: 不同充电策略下的电流电压曲线

结论:通过COMSOL仿真能快速评价不同充电策略所需的时间及此策略下最小的内外部温差, 为加速电池开发提供了有效的手段。

参考文献:

- Xuning Feng, Thermal runaway propagation model for designing a safer battery pack with 25Ah LiNiCoMnO2 large format lithium ion battery, Applied Energy, 2015, 154:74-91.
- 冯旭宁. 车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控[D].